LUIS MÁRQUEZ
Dr. Ing. Agrónomo

EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN CONDICIONES REALES DE CAMPO

Una experiencia realizada hace 20 años que se mantiene actual



Los precios de los combustibles mantienen una incesante trayectoria ascendente. Sectores profesionales, entre ellos el agrario, demandan a las autoridades ayudas y compensaciones que palíen, en la medida de lo posible, tales incrementos. Pero los usuarios deben tener presente que en su mano está la posibilidad de ahorrar importantes cantidades de combustible.

Cada vez que se produce una subida significativa del precio de los combustibles, todos los que en su actividad profesional los necesitan, manifiestan su disconformidad y piden al gobierno de turno que tome medidas para que el balance económico de sus empresas se mantenga en lo posible.

Así está sucediendo en la actualidad, y parece que la reducción de los precios por bajada de los impuestos de los combustibles para determinados sectores 'profesionales', o las subvenciones, son las únicas salidas.

Los impuestos sobre los hidrocarburos constituyen uno de los recursos financieros que más satisfacen a la mayoría de los gobiernos; si se encarece el petróleo en origen, sus ingresos por impuestos también suben, pero la culpa la tienen los países productores de petróleo. Como decía un colega alemán hablando de las posibilidades de los biocombustibles en su país, *"el impuesto sobre los combustibles es la mejor vaca lechera del Ministerio de Economía"*.

A todos nos gustaría, al igual que sucede en EEUU, que a los combustibles se les aplicara un impuesto mínimo, o mejor, como sucede en alguno de los países productores de petróleo, que el precio en el surtidor sea inferior incluso al coste de refino, ya que al competir en un mercado global, y especialmente en el sector agrario, esto da ventajas comerciales importantes, no sólo por el ahorro en la utilización de las máquinas agrícolas, sino en otros medios de producción como los fertilizantes, tan dependientes del coste de la energía.

Pero las circunstancias mandan, y hay que adaptarse a las situaciones, lo que a veces hace que, con buena intención, se pretenda resolver el problema pasándoselo a los fabricantes de motores y de tractores, y olvidando que el usuario tiene en su mano, haciendo las cosas bien, ahorrar cantidades importantes de combustible.



LOS ANTECEDENTES

La memoria es frágil, por lo que se olvidan con facilidad las actuaciones que se hicieron en situaciones parecidas, o incluso más graves que las actuales. Así, hace más de 20 años, mi amigo y compañero Ángel de Miguel, entonces jefe de las Sección de Maquinaria del Ministerio de Agricultura, me pidió que organizara unas pruebas de campo para poner de manifiesto el despilfarro de combustible que se produce por mala utilización de los tractores, utilizando para ello una demostración pública que se celebraría en Zaragoza, simultáneamente con FIMA '83.

En aquella ocasión conté con la colaboración de un grupo de alumnos entusiastas, que me ayudaron a poner a punto las pruebas de campo. Algunos de ellos siguen vinculados a la maquinaria agrícola como profesionales de primera línea, otros desarrollan actividades en campos diferentes, o se dedican en exclusiva a cuidar a su familia. Todos somos 20 años mayores, pero recordamos con satisfacción los días que dedicamos a las evaluaciones que ahora les presento, porque no han perdido interés, especialmente para dar respuesta a las investigaciones en curso sobre algo que fue en su momento probado y divulgado (17ª Conferencia Internacional de Mecanización Agraria – FIMA 1984). También hay que destacar que estas pruebas no fueron las únicas, sino que fabricantes y centros de investigación aplicada de toda Europa dedicaron sus esfuerzos a divulgar lo que puede hacer el usuario de un tractor agrícola para reducir el consumo de combustible.

PRUEBAS COMPARATIVAS SOBRE UN SUELO SIMILAR

Siempre ha habido constancia de que muchos de los tractores que se utilizan en las diferentes regiones españolas no disponen de aperos apropiados, lo que supone un despilfarro de combustible. Para hacer una demostración práctica el MAPA organizó, en 1983, aprovechando el encuentro de FIMA '83, unas pruebas públicas en las inmediaciones de Zaragoza, que se completaron en el Campeonato Nacional de Arada celebrado en Ciudad Rodrigo.

Comparar entre sí el consumo horario de dos tractores con potencias diferentes no resulta factible, ya que no desarrollan el mismo trabajo. Hay que recurrir a la medida del combustible cuando realizan una labor similar y éstas fueron las condiciones en las que se realizaron las primeras comparaciones.

Para que los tractores y aperos fueran representativos de los que se utilizan en la agricultura española, se seleccionaron, contando con el apoyo de las delegaciones provinciales del MAPA, dos agricultores de Zaragoza y de cada una de las provincias que la rodean, de manera que se presentaran con su tractor y apero en condiciones de realizar una labor de arada con vertedera. Los tractores que se presentaron en la prueba, junto con sus características, quedan reflejados en la Tabla 1.

Tabla 1A.- TRACTORES

Referencia tractores	Potencia homologada [CV]	Neumáticos traseros		Anchura vía [cm]	Peso sin lastre [kg]	Lastre delantero [kg]	Número trasero [kg]	marchas AV / RE
		dimensiones	presión inf. [bar]					
A1	90	18.4 - 34	0.7	121	3 310	300	300	6 / 3
B	104	18.4 - 34	1.8	109	3 400	400	agua	12 / 4
C	128	23.1 - 30	1.4	127	5 148	400	300	6 / 2
D	67	14.9 - 28	1.1	111	2 303	250		8 / 4
A2	90	18.4 - 34	0.7	123	3 310	300	300	6 / 3
E	110	18.4 - 34	0.9	130	4 045			16 / 8
F	57	16.9 - 30	1.3	115	2 120	240	100	8 / 4
G	98	15.0 - 38	1.0	132	3 420		200	16 / 8
H	94	23.1 - 30	0.7	129	3 980	300		12 / 4
A3	90	18.4 - 34	1.4	111	3 310	260	300	12 / 6
I	64	18.4 - 30	1.4	104	2 450			8 / 2
J	78	18.4 - 30	0.6	117	3 080	120		6 / 2

Tabla 1B.- APEROS

Referencia tractor	Peso [kg]	Enganche (tipo)	Cuerpos número	Reja tamaño [pulgadas]	Vertedera (tipo)
A1	600	3 puntos	2 fijo	14	helicoidal
B	500	3 puntos	2 reversible	14	helicoidal
C	1 000	3 puntos	3 fijo	14	helicoidal
D	500	3 puntos	2 fijo	12	helicoidal
A2	600	3 puntos	2 fijo	16	helicoidal
E	1 000	3 puntos	3 fijo+rueda	14	helicoidal
F	500	3 puntos	2 fijo	14	helicoidal
G	620	3 puntos	2 fijo	14	helicoidal
H	600	3 puntos	2 fijo	14	helicoidal
A3	300	3 puntos	1 reversible	14	cilíndrica
I	500	3 puntos	2 fijo	14	helicoidal
J	500	3 puntos	2 fijo	14	helicoidal

En el campo de pruebas se prepararon, en una superficie plana, 12 parcelas iguales, de 1 ha, con 200 m de longitud y 50 de anchura, que debían de ser labradas a una profundidad de 26-28 cm, por cada uno de los tractores presentes. Se dispuso asimismo de parcelas auxiliares contiguas donde los participantes pudieron poner a punto sus equipos.

Antes de iniciar el trabajo del tractor en cada parcela, se llenaba completamente de gasóleo el depósito de cada uno de los tractores, para determinar el consumo por diferencia, completándolo de nuevo una vez finalizado el trabajo.

Estaba previsto que el consumo medido se penalizara si no se respetaban las condiciones de referencia establecidas, con el siguiente baremo:

- Por cada centímetro de profundidad menor a la establecida se incrementaría el consumo medido en 1 L/ha.
- Por la parte de la superficie dejada sin labrar en la parcela asignada a razón de 0.002 L/m^2

Sobre una ficha preparada al efecto, el controlador debía de registrar periódicamente la profundidad de trabajo, así como los consumos de combustible correspondientes y diferentes aspectos relacionados con la conducción (relación del cambio utilizada y régimen de funcionamiento del motor).

Previamente a la prueba se realizaron unos ensayos para definir las características del suelo en el que se debía de trabajar, con el siguiente resultado:

Profundidad (cm)	Estado	Observaciones
0 – 4	Muy duro	Desecación superficial intensa
4 – 15	Duro	
15 – 35	Blando	Humedad residual
Más de 35	Duro	Suela de labor

Seguidamente se determinó la resistencia media del suelo, utilizando un dinamómetro intercalado entre un tractor arrastrador de 128 CV de potencia y 5 148 kg de peso, y un tractor remolcado de 2 303 kg, con un bisurco reversible, de 12 pulgadas y 36 cm de separación entre rejas, con un peso de 500 kg.

En estas condiciones, para una profundidad media de 28 cm y anchura de trabajo total del arado de 0.76 m, la resistencia específica del terreno era de 30 kg-fuerza por decímetro cuadrado de sección de suelo trabajado, un valor bajo si se compara con las características medias de los suelos españoles, en algunos de los cuales se pueden superar los 80 kp/dm^2.

En consecuencia, puede decirse que los tractores participantes disponían de potencia más que suficiente, lo que les hubiera permitido utilizar arados de mayor anchura, pero lo que se pretendía era analizar el equipo tal y como lo utilizada su propietario.



Tabla 2.- RESULTADO DE LAS PRUEBAS ARANDO UNA HECTÁREA

Parcela	Referencia Tractor	Tiempo trabajo (min)	Consumo total labrando 1 ha		Relación cambio utilizada	Régimen motor [rev/min]
			[L/ha]	[L/m³ tierra]		
1	**A1**	112	17.48	0.00616	4	2 000
2	**B**	123	18.86	0.00667	4 media	1 700
3	**C**	99	25.16	0.00878	3 larga	2 000
4	**D**	160	24.28	0.00882	4 - 5	1 800
5	**A2**	119	20.40	0.00680	4 larga	1 900
6	**E**	72	17.69	0.00649	2 larga - DT	2 000
7	**F**	130	16.78	0.00670	5	2 200
8	**G**	102	18.49	0.00665	2 larga	1 700
9	**H**	116	20.56	0.00733	3 media	1 800
10	**A3**	115	25.80	0.00947	4 larga	2 000
11	**I**	140	28.51	0.01021	1 larga	1 500
12	**J**	138	23.,56	0.00861	5	1 800
	media	119	21.46	0.00772		
	máximo	160	28.51	0.01021		
	mínimo	72	16.78	0.00616		

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En la Tabla 2 se presentan los restados obtenidos con cada uno de los equipos que intervinieron en las pruebas. Se puede observar que los tiempos totales para labrar una hectárea se mantuvieron entre 72 y 160 minutos. En ellos se encuentran incluidos, tanto los que corresponden al trabajo útil, como a las pérdidas en las vueltas, para las que se disponía de espacio suficiente en los cabeceros.

Los consumos de combustible variaron entre 16.78 L/ha y 28.50 L/ha, siendo el consumo medio de 21.46 L/ha. Los valores en su conjunto pueden considerarse ligeramente altos para la condición de resistencia del suelo, lo que puede ser una consecuencia de que, en general, los aperos fueron pequeños para las características de los tractores utilizados.

Asimismo se observa (Figura 1) que el consumo por hectárea se reduce para los tractores que tardan menos tiempo (mayor potencia), pero también que para tractores que realizan el trabajo en el mismo tiempo, las diferencias de consumo de combustible son significativas.

Así, los tractores marcados como A1, A2 y A3, que son de la misma marca y modelo, los tiempos necesarios para completar el trabajo fueron respectivamente de 112, 119 y 115 minutos, o sea, aproximadamente 2 h/ha. Con ello los consumos horarios fueron, en este mismo orden, de 17.48, 20.40 y 25.80 L/ha. Estas diferencias ponen por sí solas de manifiesto lo importante que es la adaptación del conjunto tractor-apero y la forma de conducción para ahorrar combustible.

Tomando como referencia el valor medio del conjunto de consumos por hectárea, los porcentajes respecto a este valor medio se mantuvieron entre el 18.6% de menos y el 20.2% de más, bastante similares a los que se deducen considerando el consumo en relación con el volumen de tierra movida.

En consecuencia, las pequeñas diferencias que aparecen en los consu-

Figura 1.- RESULTADOS LABRANDO UNA HECTÁREA

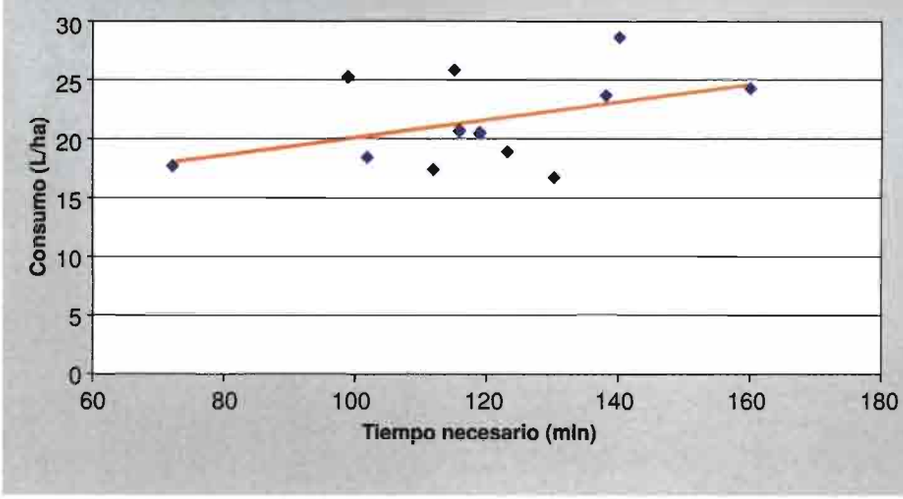

Tabla 3.- RESULTADOS CORRESPONDIENTES A TRACTORES DEL MISMO MODELO

Tractor	Consumos por ha		Consumo por m³ de tierra	
	L/ha	%	L/m³ tierra	%
Valor medio	21.46	-	0.00772	-
A1	17.48	- 18.6	0.00616	- 20.3
A2	20.40	- 5.0	0.00680	- 12.0
A3	25.80	+ 20.2	0.00947	+ 22.6

mos específicos de los motores no son significativas si se comparan con las que se pueden conseguir mediante una correcta integración del tractor y el apero, o también, comprando un tractor de mayor potencia, si se mantiene el mismo apero, puede aumentar el consumo de combustible para realizar el mismo trabajo que con el tractor antiguo.

UN ENSAYO COMPLEMENTARIO

Unos meses después, y en coincidencia con el Campeonato Nacional de Arada celebrado en Ciudad Rodrigo, se programaron unas pruebas complementarias, utilizando dos tractores de la misma marca, en los que, a partir de unas condiciones iniciales, derivadas del equipamiento con el que habitualmente se suministran al comprador, se realizaron ajustes para conseguir mejorar su eficiencia en las condiciones de campo entonces disponibles.

"Las diferencias en los consumos específicos de los motores no son significativas si se compara con los que puede conseguir el usuario"



Utilizando la medida del esfuerzo de tracción necesario para arrastrar un tractor con el arado trabajando y la misma medida realizada para el arrastre con el apero levantado, se pudo determinar que la resistencia específica del terreno era de 54 kp/dm². La humedad del suelo medida fue del 18%; la resistencia a la rodadura del tractor en esas condiciones era muy alta y el laboreo tendría que realizarse en condiciones poco favorables. En esta situación, utilizando los tractores según se habían recibido y arados de 2, 3 y 4 cuerpos, se obtuvieron consumos entre 21 y 25 L/ha, o bien, entre 0.0083 y 0.0120 L/m³ de tierra movida, siendo el resbalamiento medido del 25%.

Mediante los cálculos oportunos, a partir del ensayo completo del tractor realizado según el código de la OCDE (en el que se incluían las curvas de isoconsumo), se puso de manifiesto que el tractores utilizados necesitaban lastre suplementario, especialmente para el arado cuatrisurco, ya que la potencia del tractor no era limitante y sí la masa total para la demanda de tracción del apero.

ALGUNAS CONCLUSIONES

Hace algún tiempo, utilizando los datos de los ensayos de homologación de la potencia a la toma de fuerza realizados en la EMA desde 1964, publicamos en agrotécnica un gráfico, que ahora reproducimos (Gráfico 2), que pone de manifiesto el aumento de las potencias medias de los tractores ensayados y la reducción del consumo específico de combustible. Esto se ha mantenido en los últimos años a pesar de las mayores exigencias establecidas por el riguroso control de las emisiones contaminantes.

Sin embargo, los usuarios han mantenido la tendencia tradicional: nuevo tractor, con mayor potencia; los aperos, ya se cambiarán más adelante.

Pero esto no es todo: cuando se comprueban las presiones de inflado de los neumáticos de los tractores en el campo se encuentran valores dispa-



ratados, diferentes en cada lado..., el lastre se mantiene colocado en los trabajos ligeros o es insuficiente en los pesados para conseguir que el patinamiento se mantenga en los límites que hacen al tractor más eficiente.

Por último está el manejo del cambio. Con la progresiva generalización del cambio en carga, el usuario dispone de una herramienta que le permite ajustar el motor para conseguir menor consumo sin pérdida de capacidad de trabajo. Para ello debe de modificar el régimen del motor y marcha elegida, de manera que siempre disponga de reserva de par suficiente manteniendo la velocidad de avance. Con las modernas transmisiones CVT las estrategias de gestión se encargan de hacer este ajuste de manera automática, siempre que el conductor deje que lo hagan y no se empeñe en acelerar a su gusto, preferentemente con el acelerador de pie, como si fuera un tractor con la caja de cambio normal circulando por la carretera.

> ***Bajar el 20% del consumo en campo está al alcance del tractorista, pero hay que preocuparse***

Para bajar un 5% en consumo específico de combustible en un motor se necesitan años de investigación y millones de euros; bajar el 20% del consumo en campo está al alcance del tractorista, pero hay que preocuparse, y en ocasiones trabajar más quitando y poniendo lastres, modificando las presiones de inflado, haciendo un buen mantenimiento, pero... En el año en que se hicieron las pruebas de campo que se han presentado en este artículo, desde el Ministerio de Agricultura se fue enviando a todos los agricultores que compraron tractores en el año, un pequeño cuadernillo con información sobre la manera de regular un tractor para ahorrar combustible.

Hace algún tiempo publicamos en agrotécnica unas recomendaciones prácticas para ahorrar combustible. En el número de Agosto de 2001 las pueden encontrar.

EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA Y EL CONSUMO ESPECÍFICO DE LOS TRACTORES AGRÍCOLAS EN ESPAÑA

